

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Косенок Сергей Михайлович

Должность: ректор

Дата подписания: 29.07.2024 12:21:53

Уникальный программный ключ:

e3a68f3eaa1e62674b54f4998099d3d6bfdcf836

БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ

"Сургутский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методической работе

Е.В. Коновалова

13 июня 2024 г., протокол УМС №05

ФАКУЛЬТАТИВНЫЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Эффективные режимы электроэнергетических систем

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой Радиоэлектроники и электроэнергетики

Шифр и наименование научной специальности 2.4.3. Энергоэнергетика

Форма обучения **очная**

Часов по учебному плану 72 Вид контроля: **зачет**
в том числе:
аудиторные занятия 32
самостоятельная работа 40

Распределение часов дисциплины

Курс	4	
	уп	рп
Лекции	16	16
Практические	16	16
Итого ауд.	32	32
Контактная работа	32	32
Сам. работа	40	40
Итого	72	72

Программу составил(и):

Д-р техн. наук, профессор Сальников В.Г.

Рабочая программа дисциплины

Эффективные режимы электроэнергетических систем

разработана в соответствии с ФГТ:

Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. №951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)".

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Радиоэлектроники и электроэнергетики

Протокол от 05.04.2024 г. № 02

Зав. кафедрой канд. физ.-мат. наук, доцент Рыжаков В.В.

Председатель УМС политехнического института

Ст. преп. Паук Е.Н.

Протокол от 14.05.2024 г. № 4/24

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Целью изучения дисциплины «Эффективные режимы электроэнергетических систем» является формирование у аспирантов специальных знаний, способствующих повышению экономичности работы линий электропередачи региональной электроэнергетической системы, изучению методов анализа технологического расхода электроэнергии на ее передачу в соответствии с научной специальностью подготавливаемой научно-квалификационной работы.
-----	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	Для успешного освоения дисциплины аспиранты, прошедшие обучение по программам подготовки специалистов и магистров, должны иметь глубокие фундаментальные знания и умения по дисциплинам «Высшая математика», «Теоретические основы электротехники», «Электроэнергетические системы и сети».
2.1.2	Предшествующими для изучения дисциплины являются:
2.1.3	результаты освоения дисциплин, направленных на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов, «История и философия науки», «Иностранный язык»; результаты научной (научно-исследовательской) деятельности аспирантов, направленной на подготовку диссертации к защите; результаты научной (научно-исследовательской) деятельности аспирантов, направленной на подготовку публикаций.
2.2	Последующими к изучению дисциплины являются знания, умения и навыки, используемые аспирантами:
2.2.1	в научной (научно-исследовательской) деятельности аспирантов, направленной на подготовку диссертации к защите; в научной (научно-исследовательской) деятельности аспирантов, направленной на подготовку публикаций; при освоении специальной дисциплины «Электроэнергетика», направленной на подготовку к сдаче кандидатского экзамена; при прохождении итоговой аттестации.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	Пути повышения качества функционирования линий электропередачи.
3.1.2	Основные направления повышения надежности и электробезопасности электрических сетей.
3.1.3	Методы расчета нагрузочных потерь в электрической сети.
3.2	Уметь:
3.2.1	Моделировать и проводить анализ режимов работы электрических сетей.
3.2.2	Методы и принципы регулирования напряжения в электрических сетях.
3.3	Владеть:
3.3.1	Методами регулирования напряжения на электростанциях и понижающих подстанциях, в распределительных сетях.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Курс	Часов	Литература	Примечание
1.	Содержание проблемы повышения качества функционирования линий электропередачи электроэнергетических систем. Жизнеобеспечивающий аспект электроэнергетики как отрасли экономики страны (региона). Условия нормированного технологического расхода электроэнергии на ее транспорт. Пути повышения качества функционирования линий электропередачи. /Лек/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
1.1	Взаимодействия между заряженными частицами. /Ср/	2	5	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
1.2	Исследование реактивной мощности асинхронных двигателей как основных потребителей. /Пр/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	

2.	Повышение экономичности работы электроэнергетических систем за счет снижения технологического расхода электроэнергии на ее передачу. Структура расхода электроэнергии на ее передачу. Методы расчета коэффициента полезного действия электрической сети, потерь холостого хода и нагрузочных потерь. /Лек/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
2.1	Методы расчета нагрузочных потерь в электрической сети. /Ср/	2	5	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
2.2	Исследование графика зависимости располагаемой реактивной мощностью синхронного двигателя от величины напряжения в электрической сети. /Пр/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
3.	Моделирование и анализ режимов работы электрических сетей. Векторная диаграмма линии электропередачи. Режим холостого хода. Режим вариации реактивной мощности. Режим постоянства коэффициента мощности в коне линии. Натуральная мощность и пропускная способность линии электропередачи. Нелинейные уравнения установившегося режима. /Лек/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
3.1	Моделирование режимов сложных электрических сетей. /Ср/	2	5	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
3.2	Параллельная работа силовых трансформаторов 10/0,4 кВ с различными ответвлениями обмоток. /Пр/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
4.	Баланс мощностей и регулирование частоты в электроэнергетической системе. Баланс активных и реактивных мощностей. Характеристики первичных двигателей. Первичное и вторичное регулирование частоты. Регулирование частоты электроэнергетической системе. /Лек/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
4.1	Реактивная мощность. Выработка этой мощности на электростанциях. Потребители. Компенсирующие устройства. /Ср/	2	5	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
4.2	Зависимость частоты от электрической нагрузки потребителей. /Пр/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
5.	Регулирование напряжения в электрических сетях. Методы и принципы регулирования напряжения. Регулирование напряжения на электростанциях и понижающих подстанциях. Регулирование напряжения в распределительных сетях методом характеристического узла. /Лек/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
5.1	Регулирование напряжения методом изменения потерь напряжения в сети. /Ср/	2	5	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
5.2	Статическая устойчивость по напряжению узла нагрузки в электрической сети. /Пр/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	

6.	Несимметрия напряжений в трехфазных системах как кондуктивная низкочастотная электромагнитная помеха. Уровни электромагнитной совместимости для кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех по несимметрии напряжений. Помехи по показателям несимметрии в трехфазных системах. Свойства кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех по коэффициентам несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям. /Лек/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
6.1	Симметрирование напряжений в трехфазных системах. /Ср/	2	5	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
6.2	Расчет кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех, обусловленных несимметрией напряжений, в электрических сетях 0,4 кВ. /Пр/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
7.	Кондуктивные низкочастотные электромагнитные помехи в электрической сети при несинусоидальном напряжении. Несинусоидальность напряжения как вид искажения. Алгоритм определения кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по суммарному коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения. Кондуктивная низкочастотная электромагнитная помеха по коэффициенту n-ой гармонической составляющей напряжения. /Лек/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
7.1	Расчетное обеспечение нормируемого уровня электромагнитной совместимости технических средств в электрической сети при несинусоидальных токах и напряжениях. /Ср/	2	5	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
7.2	Определение кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по суммарному коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения на шинах 10 и 110 кВ узла нагрузки с мощным преобразовательным устройством. /Пр/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
8.	Концепция повышения качества функционирования линий электропередачи. Экспертиза электромагнитной обстановки в региональной электроэнергетической системе. Критерий сравнительной экономической эффективности различных схем электроснабжения. Оптимизационная задача синтеза эффективной системы электроснабжения. /Лек/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
8.1	Тариф на электроэнергию как параметр в задаче ввода в допустимый режим работы региональной электроэнергетической системы. /Ср/	2	5	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	
8.2	Применение конденсаторной батареи в качестве источника реактивной мощности в сетях с искаженной формой кривой напряжения. /Пр/	2	2	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	

9.	/Контрольная работа/	2	0	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	Задание для контрольной работы
10.	/Зачет/	2	0	Л1.1Л1.2Л1.3Л1.4 Л1.5Л1.6	Вопросы для подготовки к зачету

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

5.1. Контрольные вопросы и задания

Проведение текущего контроля успеваемости

Тема 1. Содержание проблемы повышения качества функционирования линий электропередачи электроэнергетических систем. Жизнеобеспечивающий аспект электроэнергетики как отрасли экономики страны (региона). Условия нормированного технологического расхода электроэнергии на ее транспорт. Пути повышения качества функционирования линий электропередачи.

Вопросы для устного опроса:

1. Расчет потребности страны (региона) в топливно-энергетических ресурсах. Основная формула.
2. Покажите, как за счет повышения эффективности использования электроэнергии можно уменьшить потребность страны (региона) в энергоресурсах. Особенности электроэнергетики как отрасли народного хозяйства.
3. Баланс энергии в электрической сети.
4. Схема взаимосвязей электромагнитных процессов, влияющих на качество функционирования сетей среднего напряжения.
5. Пути повышения качества функционирования линий электропередачи.

Вопросы для самостоятельной работы:

Основные направления развития электрических сетей напряжением 6-35 кВ.

1. Основные направления повышения надежности и электробезопасности электрических сетей среднего напряжения.
2. Основные направления развития электрических сетей 6-35 кВ.
3. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей среднего напряжения.
4. Функции автоматизированной системы диспетчерского управления электрическими сетями 6-35 кВ.

Практическое занятие. Исследование реактивной мощности асинхронных двигателей как основных потребителей.

Контрольные вопросы:

1. Активная и реактивная мощности асинхронного двигателя.
2. Выражение полной мощности асинхронного двигателя в комплексной форме записи.
3. Теорема Ланжевена о балансе активных и реактивных мощностей при синусоидальных формах кривых токов и напряжений.
4. Почему в асинхронном двигателе частота вращения ротора составляет 0,95-0,98 от магнитного поля статора? Влияет ли это явление на коэффициент мощности асинхронного двигателя?

Тема 2. Повышение экономичности работы электроэнергетических систем за счет снижения технологического расхода электроэнергии на ее передачу. Структура расхода электроэнергии на ее передачу. Методы расчета коэффициента полезного действия электрической сети, потерь холостого хода и нагрузочных потерь.

Вопросы для устного опроса:

1. Понятие термина «потери электроэнергии» в свете закона сохранения энергии.
2. Технические составляющие технологического расхода электроэнергии на ее передачу.
3. Потери мощности на корону с типовыми конструкциями фаз.
4. Удельные потери мощности от токов утечки по изоляторам воздушной линии.
5. Нагрузочные потери в элементе сети за время T. Математическая модель.

Вопросы для самостоятельной работы:

Методы расчета нагрузочных потерь в электрической сети.

1. Метод характерных суточных режимов.
2. Метод средних нагрузок.
3. Метод среднеквадратических параметров режима.
4. Метод раздельного времени наибольших потерь.
5. Метод эквивалентного сопротивления.
6. Вероятно-статистический метод.

Практическое занятие. Исследование графика зависимости располагаемой реактивной мощностью синхронного двигателя от величины напряжения в электрической сети.

Контрольные вопросы:

1. Формула располагаемой реактивной мощности синхронного двигателя. Область применения.
2. Коэффициент средней относительной величины располагаемой реактивной мощности синхронного двигателя. От чего он зависит?
3. Величина потребляемой реактивной мощности синхронного двигателя в режиме недовозбуждения. Чем она ограничена?
4. Область использования синхронных двигателей в качестве компенсаторов реактивной мощности в электроэнергетической системе.
5. Чем отличается синхронный компенсатор от распространенных серий синхронных двигателей?

Тема 3. Моделирование и анализ режимов работы электрических сетей. Векторная диаграмма линии электропередачи.

Режим холостого хода. Режим вариации реактивной мощности. Режим постоянства коэффициента мощности в конце линии. Натуральная мощность и пропускная способность линии электропередачи. Нелинейные уравнения установившегося режима.

Вопросы для устного опроса:

1. Алгоритм построения векторной диаграммы токов и напряжений в схеме замещения линии электропередачи при заданных напряжении и токе в конце линии.
2. Падение и потеря напряжения.

5. Схемы замещения электрических сетей.

Вопросы для самостоятельной работы:

Моделирование режимов сложных электрических сетей.

1. Применение теории графов для моделирования схем электрических сетей.
2. Волновое сопротивление линии. На какой режимный параметр оно влияет?
3. Элементы высшей алгебры в физико-математических задачах электроэнергетики. Матрицы. Специальные матрицы.
4. Применение матричной алгебры к исследованию и решению систем уравнений электрических цепей.
5. Решение линейных уравнений на основе применения обратных матриц.

Практическое занятие. Параллельная работа силовых трансформаторов 10/0,4 кВ с различными ответвлениями обмоток.

Контрольные вопросы:

1. Что означает группа соединений обмоток понижающего трансформатора 10/0,4 кВ Y_n/Δ_{-11} ?
2. Векторные диаграммы напряжений этих групп соединений обмоток трансформатора.
3. Какими схемами замещения моделируется двухобмоточный трансформатор? Как в них учитывается магнитная связь обмоток?
4. В чем сущность синхронизированного выбора ответвлений трансформаторов в распределительной сети для снижения технологического расхода электроэнергии для ее передачи?

Тема 4. Баланс мощностей и регулирование частоты в электроэнергетической системе. Баланс активных и реактивных мощностей. Характеристики первичных двигателей. Первичное и вторичное регулирование частоты. Регулирование частоты электроэнергетической системе.

Вопросы для устного опроса:

1. Эквивалентная схема электроэнергетической системы.
2. Статические характеристики потребления активной и реактивной мощностей по частоте и напряжению.
3. Схема преобразования энергии в энергетической системе.
4. Характеристика автоматического регулятора скорости турбины в координатах скорости вращения и мощности генератора.
5. Автоматический регулятор частоты. Схема регулирования скоростью вращения турбины и частотой в электрической сети.

Вопросы для самостоятельной работы:

Реактивная мощность. Выработка этой мощности на электростанциях. Потребители. Компенсирующие устройства.

1. Коэффициенты мощности и реактивной мощности в электроэнергетической системе. Их реализация.
2. Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора.
3. Батарея конденсаторов как устройство поперечной компенсации реактивной мощности.
4. Синхронные компенсаторы.
5. Синхронные двигатели как источники реактивной мощности.
6. Шунтирующие реакторы.
7. Статические тиристорные компенсаторы.

Практическое занятие. Зависимость частоты от электрической нагрузки потребителей.

Контрольные вопросы:

1. Какие отклонения частоты в электроэнергетической системе допускаются государственным стандартом?
2. Что происходит с частотой в электроэнергетической системе при снижении генерируемой активной (реактивной) мощности?
3. Какую мощность изменяют на электростанции, чтобы регулировать частоту в электроэнергетической системе?
4. Какую мощность изменяют на электростанции, чтобы регулировать напряжение на шинах станции?
5. Какие составляющие входят в баланс активных и реактивных мощностей в электроэнергетической системе?

Тема 5. Регулирование напряжения в электрических сетях. Методы и принципы регулирования напряжения. Регулирование напряжения на электростанциях и понижающих подстанциях. Регулирование напряжения в распределительных сетях методом характеристического узла.

Вопросы для устного опроса:

1. Принципы регулирования напряжения в электрических сетях: стабилизация напряжения, стабилизация по заданному графику напряжения, встречное (согласное) регулирование.
2. Схема автоматического регулирования напряжения на электростанции.
3. Регулирование напряжения на понижающих подстанциях с двухобмоточными трансформаторами.
4. Регулирование напряжения на понижающих подстанциях с трехобмоточными трансформаторами.
5. Регулирование напряжения на понижающих подстанциях с автотрансформаторами.

Вопросы для самостоятельной работы:

Регулирование напряжения методом изменения потерь напряжения в сети.

1. Компенсация реактивной мощности нагрузки. Векторная диаграмма.
2. Выбор мощности компенсирующего устройства для регулирования напряжения в электрической сети.
3. Продольная компенсация индуктивного сопротивления линии. Векторная диаграмма.
4. Изменение потерь напряжения на участке электрической сети.
5. Проверка достаточности регулировочного диапазона РПН трансформатора для обеспечения желаемого уровня напряжения на шинах низкого напряжения в режиме наибольшей нагрузки.

Практическое занятие. Статическая устойчивость по напряжению узла нагрузки в электрической сети.

Контрольные вопросы:

1. Коэффициент запаса статической устойчивости по напряжению. Что он характеризует?
2. Критерий устойчивости узла нагрузки по напряжению. Когда он используется?
3. Почему статическая устойчивость нагрузки по отклонению частоты в электрических сетях, как правило, не рассматривается?

Тема 6. Несимметрия напряжений в трехфазных системах как кондуктивная низкочастотная электромагнитная помеха.

Уровни электромагнитной совместимости для кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех по несимметрии

Вопросы для устного опроса:

1. Причины возникновения несимметрии напряжений в трехфазной системе.
2. Нестатические цепи трехфазной цепи.
3. Свойства трехфазных систем в отношении симметричных составляющих токов и напряжений.
4. Сопротивления участков симметричных трехфазных сетей для токов различных последовательностей.
5. Свойства кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех по коэффициентам несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям.

Вопросы для самостоятельной работы:

Симметрирование напряжений в трехфазных системах.

1. Энергетические процессы в трехфазной системе при несимметрии напряжений.
2. Взаимосвязь уравнивания, симметрирования и компенсации реактивной мощности.
3. Рациональное использование резервов устойчивости системы электроснабжения к кондуктивным низкочастотным электромагнитным помехам по несимметрии напряжений.
4. Снижение местной несимметрии пофазным регулированием напряжения в узле нагрузки.
5. Причины возникновения повышенной вибрации генераторов и турбин на электростанциях. Методы их устранения.
6. Способы симметрирования напряжений в трехфазных сетях.

Практическое занятие. Расчет кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех, обусловленных несимметрией напряжений, в электрических сетях 0,4 кВ.

Контрольные вопросы:

1. Область применения метода симметричных составляющих для расчетов показателей несимметрии напряжений в трехфазных системах.
2. Симметричные составляющие напряжений в четырехпроводной трехфазной сети 0,4 кВ при соединении фаз понижающего трансформатора и приемника «звездой».
3. Чем отличается система обратной последовательности напряжений в трехфазной сети от системы прямой последовательности? Каковы особенности нулевой последовательности?
4. В каких случаях токи нулевой последовательности равны нулю?
5. Какие симметричные составляющие содержатся в системе фазных напряжений несимметричного приемника, соединенного «звездой», подключенного к симметричной трехфазной системе напряжений?
6. Условия применения приближенных формул для определения коэффициентов несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательностям.

Тема 7. Кондуктивные низкочастотные электромагнитные помехи в электрической сети при несинусоидальном напряжении. Несинусоидальность напряжения как вид искажения. Алгоритм определения кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по суммарному коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения. Кондуктивная низкочастотная электромагнитная помеха по коэффициенту n -ой гармонической составляющей напряжения.

Вопросы для устного опроса:

1. Коэффициенты, характеризующие форму несинусоидальных токов и напряжений.
2. Источники искажений синусоидальных форм токов и напряжений в электрической сети.
3. Регламентированные уровни кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех по несинусоидальности напряжения.
4. Распространение гармоник в электроэнергетической системе.
5. Влияние гармоник на работу электрооборудования и сетей.
6. Мощность электрической сети при несинусоидальном режиме работы.

Вопросы для самостоятельной работы:

Расчетное обеспечение нормируемого уровня электромагнитной совместимости технических средств в электрической сети при несинусоидальных токах и напряжениях.

1. Силовые фильтры высших гармоник.
2. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях с нелинейными нагрузками.
3. Токи гармоник, генерируемые вентильными преобразователями, установками дуговой и контактной электросварки переменного тока, дуговыми сталеплавильными печами.

Практическое занятие. Определение кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по суммарному коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения на шинах 10 и 110 кВ узла нагрузки с мощным преобразовательным устройством.

Контрольные вопросы:

1. Работа асинхронного двигателя при несинусоидальном напряжении.
2. Потери мощности в синхронном двигателе, обусловленные высшими гармониками.
3. Влияние гармоник на: линии электропередачи, батареи конденсаторов, ток замыкания фазы на землю в сетях 6-10 кВ с изолированной нейтралью.
4. Резонанс токов в электрической сети на i -ой гармонике. Условия возникновения.
5. Резонанс напряжений на i -ой гармонике. Определение номера гармоники.

Тема 8. Концепция повышения качества функционирования линий электропередачи.

Экспертиза электромагнитной обстановки в региональной электроэнергетической системе. Критерий сравнительной экономической эффективности различных схем электроснабжения. Оптимизационная задача синтеза эффективной системы электроснабжения.

Вопросы для устного опроса:

1. Стоимость работ по измерению и расчету кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех.
2. Особенности применения нормативно-параметрического метода для определения цены (стоимости) услуг по измерению параметров электромагнитной обстановки.
3. Зависимость реальной ставки дисконтирования от среднего годового уровня инфляции. Какие факторы влияют на эту зависимость?
4. Оптимизационная задача синтеза эффективной системы электроснабжения объекта с учетом параметров нормируемых

уровней электромагнитной совместимости технических средств.

Вопросы для самостоятельной работы:

Тариф на электроэнергию как параметр в задаче ввода в допустимый режим работы региональной электроэнергетической системы.

1. Основное положение установившегося региональной электроэнергетической системы в соответствии с теорией электрических сетей.
2. Алгоритм расчета штрафных функций при наличии в сетях кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех.
3. Штрафная функция за нарушение i -го показателя качества электроэнергии и появления кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи.
4. Физическая основа возможности введения штрафных функций (санкций) в региональных электроэнергетических системах.

Практическое занятие. Применение конденсаторной батареи в качестве источника реактивной мощности в сетях с искаженной формой кривой напряжения.

Контрольные вопросы:

1. Какие канонические составляющие тока генерирует шестифазный преобразователь? Почему?
2. От чего зависит сопротивление СБ на частоте i -ой гармоники?
3. Реактивная мощность вентильного преобразователя. Как она возникает?
4. Какая допустимая перегрузка по току конденсаторной батареи?
5. При каких условиях допускается совместная работа СБ и В?

Проведение промежуточной аттестации

Вопросы для подготовки к зачету:

1. Основная формула расчета потребности страны (региона) в топливно-энергетических ресурсах с учетом эффективного использования электроэнергии.
2. Схема взаимосвязей электромагнитных процессов, влияющих на качество функционирования сетей среднего напряжения. Баланс энергии в электрической сети.
3. Основные направления развития электрических сетей 6-35 кВ.
4. Функции автоматизированной системы диспетчерского управления электрическими сетями. Направления совершенствования эксплуатации.
5. Пути повышения качества функционирования линий электропередачи.
6. Структура расхода электроэнергии на ее передачу по электрической сети.
7. Метод характерных суточных режимов для расчета нагрузочных потерь в электрической сети.
8. Метод средних нагрузок для расчета нагрузочных потерь в электрической сети.
9. Метод среднеквадратических параметров режима для расчета нагрузочных потерь в электрической сети.
10. Метод раздельного времени наибольших потерь для расчета нагрузочных потерь в электрической сети.
11. Метод эквивалентного сопротивления для расчета нагрузочных потерь в электрической сети.
12. Вероятно-статистический метод для расчета нагрузочных потерь в электрической сети.
13. Коэффициент полезного действия электрической сети.
14. Векторная диаграмма линии электропередачи. Алгоритм построения.
15. Натуральная мощность сети. Математическая модель и физическая интерпретация.
16. Алгоритм расчета составляющих баланса мощности линии электропередачи.
17. Применение матричной алгебры к исследованию и решению систем уравнений электрических сетей. Роль обратных матриц.
18. Волновое сопротивление электропередачи. Режим передачи натуральной мощности.
19. Пропускная способность линии электропередачи.
20. Диаграмма мощностей электропередачи при положительном направлении (передаче) от начала к концу.
21. Баланс активных и реактивных мощностей электроэнергетической системе.
22. Статические характеристики потребления активной и реактивной мощностей в электроэнергетической системе по частоте и напряжению.
23. Первичное и вторичное регулирование частоты.
24. Характеристика автоматического регулятора скорости турбины в координатах скорости вращения и мощности генератора.
25. Система регулирования скоростью вращения турбины и частотой электрического тока.
26. Батарея конденсаторов как устройство поперечной компенсации реактивной мощности.
27. Методы регулирования напряжения в электрических сетях.
28. Принципы регулирования напряжения в электрических сетях. Встречное регулирование.
29. Особенности регулирования напряжения в трехобмоточных трансформаторах.
30. Несимметрия напряжений в трехфазных электрических сетях. Причины возникновения и влияния на работу электроприемников.
31. Целесообразность применения метода симметричных составляющих для расчетов показателей несимметрии.
32. Уровни электромагнитной совместимости для кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех по несимметрии напряжений в трехфазной системе. Нормируемые значения коэффициентов обратной и нулевой последовательностей.
33. Способы симметрирования напряжений в трехфазных сетях.
34. Причины повышения вибрации генераторов и турбин на электростанциях, зависящие от режима электрической сети.
35. Коэффициенты, характеризующие форму несинусоидальных токов и напряжений. Требования ГОСТ 32144-2013.
36. Влияние несинусоидальности напряжений в электрической сети на работу асинхронного и синхронного двигателей.
37. Резонансы токов и напряжений в электрической сети на i -ой гармонике.
38. Фильтры высших гармоник. Условия выбора для электрических сетей.
39. Алгоритм определения кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по суммарному коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения.
40. Алгоритм определения кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по коэффициенту i -ой гармонической составляющей напряжения.

41. Критерий распространения кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи в смежных сетях электроэнергетических систем.
42. Концепция финансовых расходов, обеспечивающих качественное функционирование линий электропередачи.
43. Оптимизационная задача синтеза эффективной системы электроснабжения с учетом параметров нормируемых уровней электромагнитной совместимости технических средств. Условия ее решения.
44. Тариф на электроэнергию как параметр в задаче ввода в допустимый режим работы региональной электроэнергетической системы.
45. Штрафная функция за нарушение i -го показателя качества электроэнергии и появления кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи. Физическая основа возможности введения этой функции в региональных электроэнергетических системах.

5.2. Темы письменных работ

Примеры заданий для контрольной работы

Вариант 1

1. Определение кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по коэффициенту i -ой гармонической составляющей напряжения.
2. Влияние несинусоидальности напряжений в электрической сети на работу асинхронных двигателей.
3. Нормируемые значения коэффициентов обратной и нулевой последовательностей.

Вариант 2

1. Критерий распространения кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи в смежных сетях электроэнергетических систем.
2. Влияние несинусоидальности напряжений в электрической сети на работу синхронных двигателей.
3. Резонансы токов и напряжений в электрической сети на i -ой гармонике.

Вариант 3

1. Определение кондуктивной низкочастотной электромагнитной помехи по суммарному коэффициенту искажения синусоидальности кривой напряжения.
2. Уровни электромагнитной совместимости для кондуктивных низкочастотных электромагнитных помех по несимметрии напряжений в трехфазной системе.
3. Первичное и вторичное регулирование частоты.

Вариант 4

1. Статические характеристики потребления активной и реактивной мощностей в электроэнергетической системе по частоте и напряжению.
2. Натуральная мощность сети. Математическая модель и физическая интерпретация.
3. Пути повышения качества функционирования линий электропередачи.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендованная литература

	Авторы,	Заглавие	Издательство, год	Колич-во
Л1.1	Лыкин А. В.	Электрические системы и сети: учебник	Москва: Издательство Юрайт, 2019, https://www.biblio-online.ru/book/elekt_richeskie-sistemy-i- seti-442556	1
Л1.2	Крючков И.П., Старшинов В.А., Гусев Ю.П., Пираторов М.В.	Переходные процессы в электроэнергетических системах: учебник	Москва: МЭИ, 2021, https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014509.html	1
Л1.3	Крючков И.П., Старшинов В.А., Гусев Ю.П., Пираторов М.В.	Короткие замыкания и несимметричные режимы электроустановок: учебное пособие	Москва: МЭИ, 2021, https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014493.html	1
Л1.4	Давыдов М. С., Иванова Е. В., Кислицин Е. Ю., Рыжаков В. В., Сальников В. Г., Семенов О. Ю.	Элементы высшей алгебры в физико-математических задачах электроэнергетики: учебное пособие	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2018	18
Л1.5	Давыдов М. С., Иванова Е. В., Кислицин Е. Ю., Рыжаков В. В., Сальников В. Г., Семенов О. Ю.	Комплексные величины в электроэнергетике: учебное пособие	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2018	18
Л1.6	Давыдов М. С., Иванова Е. В., Кислицин Е. Ю., Сальников В. Г., Семенов О. Ю.	Современные проблемы передачи и распределения электрической энергии: учебное пособие	Сургут: Издательский центр СурГУ, 2019	33

6.2. Электронно-библиотечные системы	
Э1	Электронно-библиотечная система Znanium http://new.znanium.ru
Э2	Электронно-библиотечная система «Лань» http://e.lanbook.com
Э3	Электронно-библиотечная система IPR SMART (IPRbooks) http://www.iprbookshop.ru
Э4	Электронно-библиотечная система «Юрайт» https://urait.ru
Э5	Электронно-библиотечная система «Консультант студента» https://www.studentlibrary.ru
6.3. Информационные, информационно-справочные системы	
6.3.1.	Гарант – справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации http://www.garant.ru
6.3.2.	КонсультантПлюс – справочно-правовая система http://www.consultant.ru
6.4. Профессиональные базы данных	
<i>В локальной сети http://lib.surgu.ru/ru/pages/resursi/bd/lan</i>	
6.4.1.	Электронная библиотека СупГУ https://elib.surgu.ru
6.4.2.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU http://www.elibrary.ru
6.4.3.	Евразийская патентная информационная система (ЕАПАТИС) http://www.eapatiss.com
6.4.4.	Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки (ВЧЗ РГБ) https://ldiss.rsl.ru
6.4.5.	Национальная электронная библиотека (НЭБ) nab.ru
6.4.6.	Архив научных журналов (NEICON) http://archive.neicon.ru
6.4.7.	Springer Nature https://link.springer.com
6.4.8.	Полнотекстовая коллекция журналов РАН https://journals.rcsi.science
6.4.9.	Wiley Journals Database https://onlinelibrary.wiley.com
6.4.10.	Math-Net.Ru http://biblio.surgu.ru/ru/pages/resursi/bd/lan/math/
<i>В свободном доступе сети Интернет</i>	
6.4.11.	Официальный сайт ВАК Минобрнауки РФ http://vak.ed.gov.ru/
6.4.12.	Официальный сайт российского фонда фундаментальных исследований https://www.rfbr.ru/rffi/ru/
6.4.13.	Официальный сайт Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования
6.4.14.	Журнал "Электрические станции" производственно-технический журнал http://elst.energy-journals.ru/index.php/elst/index
6.4.15.	ARXIV - крупнейший бесплатный архив электронных публикаций научных статей и их препринтов по физике, математике, астрономии, информатике и биологии, http://arxiv.org
6.4.16.	База данных ВИНТИ РАН http://www.viniti.ru
6.4.17.	Единое окно доступа к образовательным ресурсам - информационная система http://window.edu.ru
6.4.18.	КиберЛенинка - научная электронная библиотека http://cyberleninka.ru
6.4.19.	Электронные коллекции на портале Президентской библиотеки им. Б. Н. Ельцина http://www.prlib.ru/collections
6.4.20.	Elsevier - Open Archive https://www.elsevier.com/about/open-science/open-access/open-archive
6.4.21.	SpringerOpen http://www.springeropen.com
6.5. Перечень программного обеспечения	
6.5.1.	Операционная система Microsoft Windows, пакет прикладных программ Microsoft Office
6.5.2.	Пакет прикладных программ Microsoft Desktop School, MATLAB, AutoDesk AutoCAD
7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
7.1.	Учебные аудитории Университета для проведения индивидуальных консультаций с научным руководителем, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащены: комплект специализированной учебной мебели, маркерная (меловая) доска, комплект переносного мультимедийного оборудования - компьютер, проектор, проекционный экран, компьютеры с возможностью выхода в Интернет и доступом в электронную информационно-образовательную среду.
7.2.	Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационную образовательную среду СупГУ:
	350, 351 Зал социально-гуманитарной и художественной литературы
	442 Зал естественно-научной и технической литературы.
8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
<p>Методические рекомендации по проведению основных видов учебных занятий</p> <p>При изучении дисциплины используются следующие основные методы и средства обучения, направленные на повышение качества подготовки аспирантов путем развития у аспирантов творческих способностей и самостоятельности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Контекстное обучение – мотивация аспирантов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретными знаниями и его применением. - Проблемное обучение – стимулирование аспирантов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы. 	

- Обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности аспиранта за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения.

- Индивидуальное обучение – выстраивание аспирантами собственной образовательной траектории на основе формирования индивидуальной программы с учетом интересов аспирантов.

Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи.

Лекции являются одним из основных методов обучения по дисциплинам, направленным на подготовку к кандидатскому экзамену, которые должны решать следующие задачи:

- изложить основной материал программы курса;

- развить у аспирантов потребность к самостоятельной работе над учебником и научной литературой.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Содержание лекций определяется рабочей программой курса. Привлечение графического и табличного материала на лекции позволит более объемно изложить материал.

Целью практических занятий является:

- закрепление теоретического материала, рассмотренного аспирантами самостоятельно;

- проверка уровня понимания аспирантами вопросов, рассмотренных самостоятельно по учебной литературе, степени и качества усвоения материала аспирантами;

-восполнение пробелов в пройденной теоретической части курса и оказание помощи в его усвоении.

В начале очередного занятия необходимо сформулировать цель, поставить задачи. Аспиранты выполняют задания, а преподаватель контролирует ход их выполнения путем устного опроса, проверки практических заданий.

Методические рекомендации по проведению практических занятий

Целью практических занятий является углубленное изучение теоретических знаний, овладение практическими навыками и выработка у аспирантов самостоятельных практических навыков.

Практические занятия направлены на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;

- формирование умений применять полученные знания на практике;

- реализацию практической деятельности;

- формирование практических умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в профессиональной деятельности;

- пользование измерительными приборами, аппаратурой;

- работу с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками;

- составление технической документации;

- выполнение чертежей и схем;

- решение разного рода практических задач;

- выполнение вычислений;

- определение характеристик различных объектов исследования.

В структуру проведения практического занятия входит:

- организационный момент;

- сообщение темы практического занятия, постановка целей;

- повторение теоретических знаний, необходимых для работы с оборудованием, осуществления эксперимента или другой практической деятельности;

- выдача задания;

- определение алгоритма проведения эксперимента или другой практической деятельности;

- инструктаж по технике безопасности (при необходимости);

- ознакомление со способами фиксации полученных результатов.

Во время самостоятельной работы аспиранты:

- определяют пути решения поставленной задачи;

- вырабатывают последовательность выполнения необходимых действий;

- проводят эксперимент, выполнение поставленной задачи;

- составляют отчет по практическому занятию;

- обобщают и систематизируют полученные результаты.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы аспирантов

Целью самостоятельной работы аспирантов является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

Методические рекомендации призваны помочь аспирантам организовать самостоятельную работу при изучении курса: с материалами лекций, практических и семинарских занятий, литературы по общим и специальным вопросам технических наук.

Задачами самостоятельной работы являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;

- углубление и расширение теоретических знаний;

-формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;

- развитие познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- развитие исследовательских умений;

-использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на семинарах, на практических и лабораторных занятиях, при написании научно- квалификационной работы, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется аспирантом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы аспиранта без участия преподавателя являются:

- формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);
- составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по темам занятий;
- выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.

Самостоятельная работа аспирантов осуществляется в следующих формах:

- подготовка к практическим занятиям,
- изучение дополнительной литературы и подготовка ответов на вопросы для самостоятельного изучения.

1) Подготовка к практическим занятиям.

При подготовке к практическим занятиям аспирантам необходимо ориентироваться на вопросы, вынесенные на обсуждение. На занятиях проводятся опросы, тестирование, разбор конкретных ситуаций, с активным обсуждением вопросов с целью эффективного усвоения материала в рамках предложенной темы, выработки умений и навыков в профессиональной деятельности, а также в области ведения переговоров, дискуссий, обмена информацией, грамотной постановки задач, формулирования проблем, обоснованных предложений по их решению и аргументированных выводов.

2) Изучение рекомендованной литературы при подготовке к практическим занятиям.

В целях эффективного и полноценного проведения таких мероприятий аспиранты должны тщательно подготовиться к вопросам занятия. Положительно оценивается, если аспирант самостоятельно организует поиск необходимой информации с использованием периодических изданий, информационных ресурсов сети интернет и баз данных специальных программных продуктов.

Самостоятельная работа аспирантов должна опираться на сформированные навыки и умения, приобретенные во время прохождения других курсов. Составляющим компонентом его работы должно стать творчество. В связи с этим рекомендуется:

1. Начинать подготовку к занятию со знакомства с опубликованными законодательно-правовыми документами.
2. Обратит внимание на структуру, композицию, язык документа, время и историю его появления.
3. Определить основные идеи, принципы, тезисы, заложенные в документ.
4. Выяснить, какой сюжет, часть изучаемой проблемы позволяет осветить проанализированный источник.
5. Провести работу с неизвестными терминами и понятиями, для чего использовать словари терминов, энциклопедические словари, словари иностранных слов и др.

Затем необходимо ознакомиться с библиографией темы и вопроса, выбрать доступные издания из списка литературы, рекомендованной к лекциям и практике. Списки литературы могут быть дополнены. Рекомендуется использовать справочную литературу. Поиск можно продолжить, изучив примечания и сноски в имеющихся монографиях, статьях.

Работая с литературой по теме занятия, необходимо делать выписки текста, содержащего характеристику или комментарий знакомого источника. После чего вернуться к тексту документа (желательно полному) и провести его анализ в контексте изученной исследовательской литературы.

Возникающие на каждом этапе работы мысли следует записывать. Анализ документа следует сделать составной частью проработки вопросов занятия. Общее знание проблемы, обсуждаемой на занятии, должно сочетаться с глубоким знанием источников. Следует составить сложный план, схему ответа на каждый вопрос плана практического занятия.

Методические рекомендации по проведению контрольной работы

- 1) готовясь к контрольной работе аспирант должен выполнить все текущие практические задания;
- 2) во время выполнения контрольной работы, аспирант получает задание, состоящее из нескольких отдельных вопросов, рассчитанное на два часа учебного времени.

Проведение промежуточной аттестации по дисциплине.

Методические рекомендации по подготовке к зачету.

Формой промежуточной аттестации освоения дисциплины является зачет. Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются по шкале: «зачтено»; «не зачтено».

Для успешной сдачи зачета аспиранту необходимо выполнить несколько требований:

- 1) регулярно посещать аудиторские занятия по дисциплине; пропуск занятий не допускается без уважительной причины;
- 2) в случае пропуска занятия аспирант должен быть готов ответить на зачете на вопросы преподавателя, взятые из пропущенной темы;
- 3) аспирант должен точно в срок сдавать отчеты по практическим работам на проверку и к следующему занятию удостовериться, что они зачтены;
- 4) готовясь к очередному занятию по дисциплине, аспирант должен прочитать соответствующие разделы в учебниках, учебных пособиях, монографиях и пр., рекомендованных преподавателем в программе дисциплины, и быть готовым продемонстрировать свои знания на паре; каждое участие аспиранта в обсуждении материала на занятиях отмечается преподавателем и учитывается при ответе на зачете.